Aus dem Städtischen Hygienischen Universitäts-Institut
zu Frankfurt am Main
(Direktor: Prof. Dr. E. Küster)

Über die Einwirkung von Desinfektionsmitteln auf die Vermehrung und Lebensdauer der Bakterien

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG
DER ZAHNÄRZTLICHEN DOKTORWÜRDE
DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER JOHANN WOLFGANG GOETHE-UNIVERSITÄT
ZU FRANKFURT AM MAIN

vorgelegt von

Helmut Schwiering
approb. Zahnarzt
aus Bergisch-Gladbach bei Köln

1937

Dissertationsdruckerei F. W. Kalbfleisch, Gelnhausen

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Frankfurt a. M.

Referent: Professor Dr. E. Küster.

Dekan: Professor Dr. Gaenßlen.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die Bedeutung der Schädigung oder Abtötung der Bakterien mit Hilfe von physikalischen oder chemischen Mitteln hat zu jeder Zeit Forscher veranlaßt, sich mit dem Studium der Desinfektionsmöglichkeiten eingehend zu befassen. Man prüfte die Wirkung der schon vorhandenen Desinfektionsmittel und die verschiedenen Desinfektionsverfahren und forschte außerdem nach neuen Mitteln und ebenso nach anderen Abtötungsmöglichkeiten der Bakterien. Damit wurden im Laufe von Jahrzehnten grundlegende Erkenntnisse gesammelt, die auf dem Gebiet der Medizin und der Seuchenbekämpfung von ganz beträchtlichem Nutzen sind.

Nachdem Robert Koch uns die Grundlage zur Desinfektionslehre gegeben hat, indem er uns zeigte, wie man die Bakterien und die Sporen von Bakterien heranzieht zur Prüfung verschiedener Desinfektionsmittel und Desinfektionsverfahren, ging man schließlich von einem anderen Gesichtspunkt aus an dieses Gebiet heran und untersuchte, ob vielleicht die Abtötung gesetzmäßig verläuft.

So soll nun auch diese Arbeit sich nicht mit der Prüfung der Desinfektionskraft einzelner Präparate befassen, sondern sie soll versuchen, uns Klarheit zu geben über die Wirkung von Desinfektionsmitteln auf die Vermehrung und Lebensdauer der Bakterien und vor allem die Frage einer Gesetzmäßigkeit bei der Abtötung beantworten. Um aber die Wachstums- bzw. Absterbekurve unter dem Einfluß von Desinfektionsmitteln zu erkennen, muß man zunächst diese Kurve unter normalen Verhältnissen kennen lernen.

Hierzu ist es notwendig, den Bakterien ausreichende Wachstumsbedingungen zu geben.

Zu meinen Versuchen verwendete ich das Bakterium coli. Von einer 24stündigen Agar-Kultur verimpfte ich ein wenig mit Hilfe einer Nadel in Nährbouillon und übertrug von dieser eine Oese in ein 60 ccm Bouillon enthaltendes Kölbchen, um in der Aussaat möglichst wenig Keime und somit bessere Uebersicht im Verlauf des Versuches zu haben. Vor Beginn der Versuche stellte ich mir ein größeres Quantum Nährbouillon her, denn ich mußte darauf bedacht sein, möglichst alle Faktoren auszuschließen, welche veränderte Verhältnisse bewirken konnten, wie z. B. Unterschiede im Ph-Wert Aus diesen beimpften Kölbchen, welche im Brutschrank bei einer Temperatur von 37° bebrütet wurden, entnahm ich in regelmäßigen Abständen 0,5 ccm, bereitete mir 4 Verdünnungen (1:10 — 1:10 000) und legte von sämtlichen Verdünnungen mit Hilfe von Nähragar Gußplatten an. Die im Laufe von 48 Stunden zur Entwicklung gelangten Kolonien wurden gezählt. Nur wenn die Keimzahlen der 4 Platten aufeinander stimmten, wurden diese für den Versuch verwertet.

Das Ziel meiner Untersuchungen im ersten Teil meiner Arbeit ging dahin, ein genaues graphisches Bild über die Vermehrung der Bakterien zu erhalten. Wie aus den nachfolgenden Tabellen und graphischen Darstellungen ersichtlich ist, findet fast regelmäßig in den ersten 48 Stunden des Versuches eine starke Vermehrung der Bakterien statt. Nach diesen 48 Stunden beginnt zunächst ein starkes Absterben, welches etwa 72 Stunden andauert. Es ist in der graphischen Darstellung durch den steilen Abfall der Kurve ausgedrückt. Fast regelmäßig stellt sich nach dieser Verminderung lebender Keime nochmals eine plötzliche kurze Vermehrung ein, der wieder eine Verminderung folgt, die sich allmählich verlangsamt. Die Keimzahl hält sich dann noch einige Zeit auf einer ziemlich gleichmäßigen Höhe, um dann nach Wochen auf den Wert 0 abzusinken.

In dieser Weise verlaufen alle Kurven der Versuchsreihe, und ein Ueberblick über die gesamten hier aufgezeichneten Tabellen und Kurven deutet auf eine gewisse Regel- und Gesetzmäßigkeit bei der Entwicklung der Keime hin.

Tabelle I.

Versuch I mit NO 14 vom 21. 8. 35.

Aussaat		Plattenguß		Zählung	Anzahl d. Keime	Versuchsdauer
Tag:	Stunde:	Tag:	Stunde:	d. Platten:	in 0,5 ccm:	i. Stunden:
21. 8.	10h	21. 8.	10h	23. 8.	4.500.000	0 Std.
21. 8.	10h	21. 8.	13h	23. 8.		3 „
21. 8.	10h	21. 8.	16h	23. 8.	147.000.000	6 „
21. 8.	10h	22. 8.	10h	24. 8.	198.000.000	24 „
21. 8.	10h	23. 8.	10h	25. 8.	276.000.000	48 „
21. 8.	10h	24. 8.	10h	26. 8.	250.000.000	72 „
21. 8.	10h	25. 8.	10h	27. 8.	180.000.000	96 „
21. 8.	10h	26. 8.	10h	28. 8.	40.000.000	120 „
21. 8.	10h	27. 8.	10h	29. 8.	90.000.000	144 „
21. 8.	10h	28. 8.	10h	30. 8.	30.500.000	168 „
21. 8.	10h	29. 8.	10h	31. 8.	27.000.000	192 „
21. 8.	10h	30. 8.	10h	1. 9.	14.600.000	216 „
21. 8.	10h	31. 8.	10h	2. 9.	7.200.000	240 „
21. 8.	10h	1. 9.	10h	3. 9.	4.200.000	264 „
21. 8.	10h	2. 9.	10h	4. 9.	5.800.000	288 „
21. 8.	10h	4. 9.	10h	6. 9.	9.400.000	336 „
21. 8.	10h	5. 9.	10h	7. 9.	12.000.000	360 „
21. 8.	10h	6. 9.	10h	8. 9.	15.200.000	384 „
21. 8.	10h	7. 9.	10h	9. 9.	10.000.000	408 „
21. 8.	10h	10. 9.	10h	12. 9.	4.000.000	480 „
21. 8.	10h	13. 9.	10h	15. 9	2.300.000	552 „

Figur I

Versuch I vom 21. 8. 35.

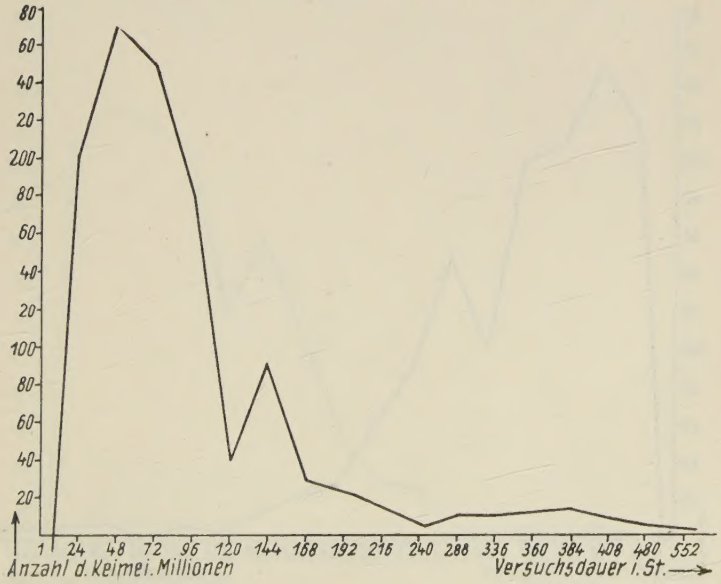


Tabelle II.

Versuch III mit NO 14 vom 18. 9. 35.

Aussaat		Plattenguß		Zählung	Anzahl d. Keime	Versuchs-dauer
Tag:	Stunde:	Tag:	Stunde:	d. Platten:	in 0,5 ccm:	i. Stunden:
18. 9.	16h	18. 9.	16h	20. 9.	20.000	0 Std.
18. 9.	16h	18. 9.	19h	20. 9.	1.070.000	3 „
18. 9.	16h	18. 9.	22h	21. 9.	40.000.000	6 „
18. 9.	16h	19. 9.	16h	21. 9.	219.000.000	24 „
18. 9.	16h	20. 9.	16h	22. 9.	250.000.000	48 „
18. 9.	16h	21. 9.	16h	23. 9.	210.000.000	72 „
18. 9.	16h	22. 9.	16h	24. 9.	200.000.000	96 „
18. 9.	16h	23. 9.	16h	25. 9.	101.000.000	120 „
18. 9.	16h	24. 9.	16h	26. 9.	150.000.000	144 „
18. 9.	16h	25. 9.	16h	27. 9.	97.000.000	168 „
18. 9.	16h	26. 9.	16h	28. 9.	53.000.000	192 „
18. 9.	16h	27. 9.	16h	29. 9.	27.500.000	216 „
18. 9.	16h	28. 9.	16h	30. 9.	23.000.000	240 „
18. 9.	16h	30. 9.	16h	2. 10.	13.400.000	288 „
18. 9.	16h	2. 10.	16h	4. 10.	4.700.000	336 „
18. 9.	16h	3. 10.	16h	5. 10.	5.100.000	360 „
18. 9.	16h	4. 10.	16h	6. 10.	3.200.000	384 „
18. 9.	16h	5. 10.	16h	7. 10.	5.800.000	408 „
18. 9.	16h	8. 10.	16h	10. 10.	1.300.000	480 „
18. 9.	16h	11. 10.	16h	13. 10.	1.700.000	552 „

Figur II
Versuch III vom 18. 9. 35.

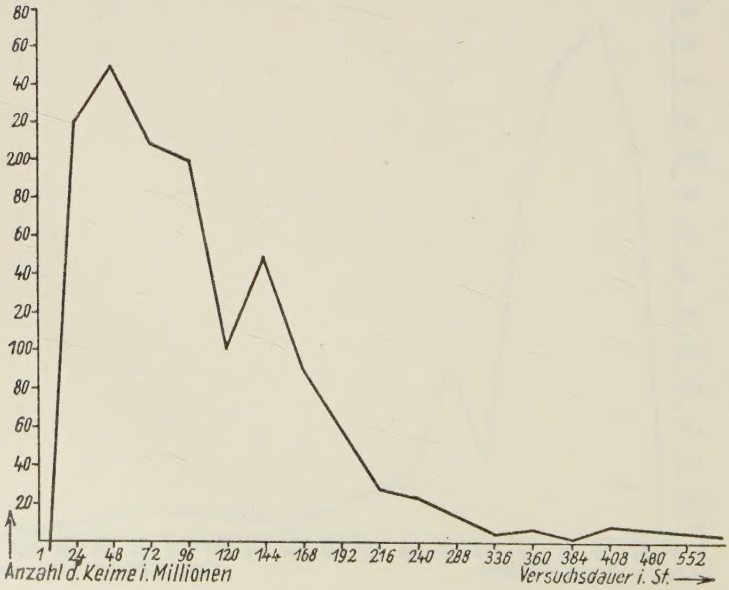


Tabelle III.

Versuch VI mit NO 14 vom 20. 9. 35.

Aussaat		Plattenguß		Zählung	Anzahl d. Keime	Versuchsdauer
Tag:	Stunde:	Tag:	Stunde:	d. Platten:	in 0,5 ccm:	i. Stunden:
20. 9.	10h	20. 9.	10h	22. 9.	22.000	0 Std.
20. 9.	10h	20. 9.	13h	22. 9.	1.210.000	3 „
20. 9.	10h	20. 9.	16h	22. 9.	59.780.000	6 „
20. 9.	10h	21. 9.	10h	23. 9.	207.000.000	24 „
20. 9.	10h	22. 9.	10h	24. 9.	230.000.000	48 „
20. 9.	10h	23. 9.	10h	25. 9.	220.500.000	72 „
20. 9.	10h	24. 9.	10h	26. 9.	209.000.000	96 „
20. 9.	10h	25. 9.	10h	27. 9.	120.000.000	120 „
20. 9.	10h	26. 9.	10h	28. 9.	160.000.000	144 „
20. 9.	10h	27. 9.	10h	29. 9.	111.000.000	168 „
20. 9.	10h	28. 9.	10h	30. 9.	59.800.000	192 „
20. 9.	10h	29. 9.	10h	1. 10.	38.000.000	216 „
20. 9.	10h	30. 9.	10h	2. 10.	29.600.000	240 „
20. 9.	10h	2. 10.	10h	4. 10.	9.730.000	288 „
20. 9.	10h	4. 10.	10h	6. 10.	5.200.000	336 „
20. 9.	10h	5. 10.	10h	7. 10.	8.700.000	360 „
20. 9.	10h	6. 10.	10h	8. 10.	2.100.000	384 „
20. 9.	10h	7. 10.	10h	9. 10.	5.700.000	408 „
20. 9.	10h	10. 10.	10h	12. 10.	1.900.000	480 „
20. 9.	10h	13. 10.	10h	15. 10.	1.200.000	552 „

Figur III
ad Versuch VI vom 20. 9. 35.

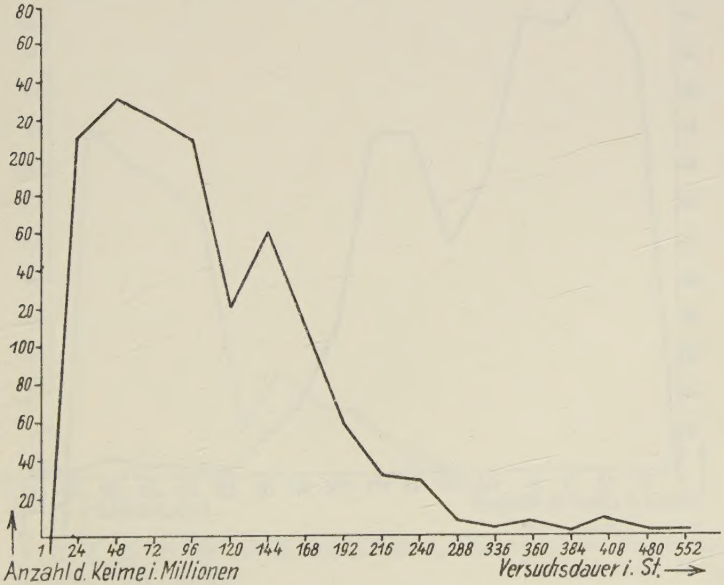


Tabelle IV.

Versuch VIII mit NO 14 vom 2. 10. 35.

Aussaat		Plattenguß		Zählung	Anzahl d. Keime	Versuchsdauer
Tag:	Stunde:	Tag:	Stunde:	d. Platten:	in 0,5 ccm:	i. Stunden:
2. 10.	14h	2. 10.	14h	4. 10.	113.000	0 Std.
2. 10.	14h	3. 10.	14h	5. 10.	220.000.000	24 „
2. 10.	14h	4. 10.	14h	6. 10.	260.000.000	48 „
2. 10.	14h	5. 10.	14h	7. 10.	234.000.000	72 „
2. 10.	14h	6. 10.	14h	8. 10.	240.000.000	96 „
2. 10.	14h	7. 10.	14h	9. 10.	157.000.000	120 „
2. 10.	14h	8. 10.	14h	10. 10.	120.000.000	144 „
2. 10.	14h	9. 10.	14h	11. 10	182.000.000	168 „
2. 10.	14h	10. 10.	14h	12. 10.	179.000.000	192 „
2. 10.	14h	11. 10.	14h	13. 10.	81.000.000	216 „
2. 10.	14h	12. 10.	14h	14. 10.	38.000.000	240 „
2. 10.	14h	14. 10.	14h	16. 10.	22.000.000	288 „
2. 10.	14h	16. 10.	14h	18. 10.	2.400.000	336 „
2. 10.	14h	18. 10.	14h	20. 10.	2.500.000	384 „
2. 10.	14h	19. 10.	14h	21. 10.	4.300.000	408 „
2. 10.	14h	22. 10.	14h	24. 10.	1.000.000	480 „

Figur IV
ad Versuch VIII vom 2. 10. 35.

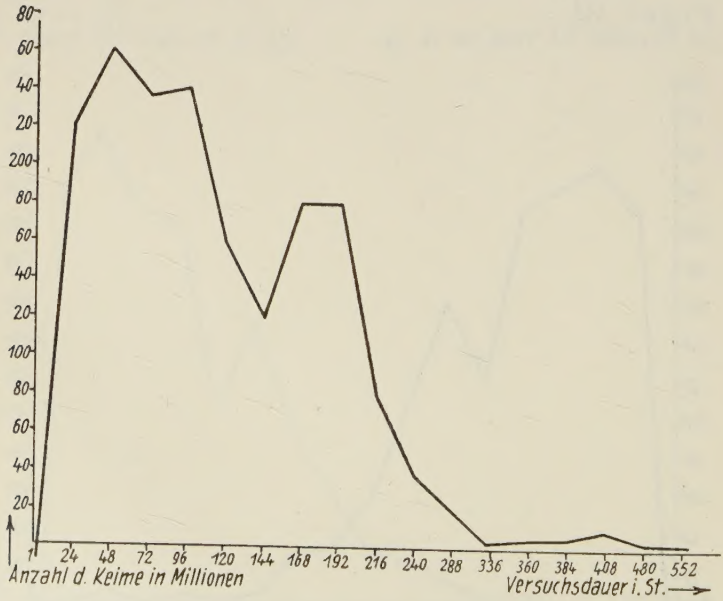


Tabelle V.

Versuch IX vom 16. 10. 35.

Aussaat Tag:	Aussaat Stunde:	Plattenguß Tag:	Plattenguß Stunde:	Zählung d. Platten:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer i. Stunden:
16. 10.	16h	16. 10.	16h	18. 10.	2	0 Std.
16. 10.	16h	16. 10.	19h	18. 10.	136	3 „
16. 10.	16h	16. 10.	22h	18. 10.	26.001	6 „
16. 10.	16h	17. 10.	16h	19. 10.	219.000.000	24 „
16. 10.	16h	18. 10.	16h	20. 10.	200.000.000	48 „
16. 10.	16h	19. 10.	16h	21. 10.	190.000.000	72 „
16. 10.	16h	20. 10.	16h	22. 10.	170.000.000	96 „
16. 10.	16h	21. 10.	16h	23. 10.	60.000.000	120 „
16. 10.	16h	22. 10.	16h	24. 10.	90.000.000	144 „
16. 10.	16h	23. 10.	16h	25. 10.	70.000.000	168 „
16. 10.	16h	24. 10.	16h	26. 10.	68.000.000	192 „
16. 10.	16h	25. 10.	16h	27. 10.	49.700.000	216 „
16. 10.	16h	26. 10.	16h	28. 10.	38.500.000	240 „
16. 10.	16h	28. 10.	16h	30. 10.	30.000.000	288 „
16. 10.	16h	30. 10.	16h	1. 11.	6.700.000	336 „
16. 10.	16h	31. 10.	16h	2. 11.	2.400.000	360 „
16. 10.	16h	1. 11.	16h	3. 11.	3.800.000	384 „
16. 10.	16h	2. 11.	16h	4. 11.	5.750.000	408 „
16. 10.	16h	5. 11.	16h	7. 11.	2.300.000	480 „
16. 10.	16h	8. 11.	16h	10. 11.	1.200.000	552 „

Figur V
ad Versuch IX vom 16. 10. 35.

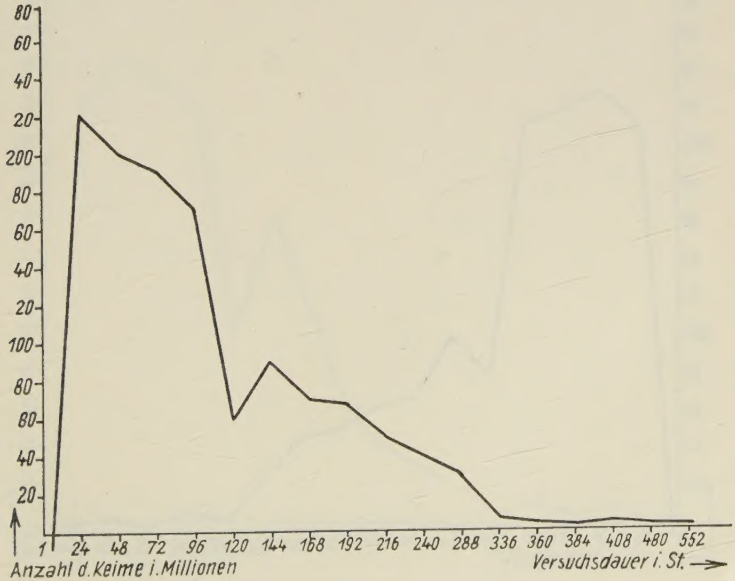


Tabelle VI.

Versuch X vom 18. 10. 35.

Aussaat		Plattenguß		Zählung	Anzahl d. Keime	Versuchs-dauer
Tag:	Stunde:	Tag:	Stunde:	d. Platten:	in 0,5 ccm:	i. Stunden:
18. 10.	10h	18. 10.	10h	20. 10.	2	0 Std.
18. 10.	10h	18. 10.	13h	20. 10.	123	3 „
18. 10.	10h	18. 10.	15h	20. 10.	31.784	5 „
18. 10.	10h	19. 10.	10h	21. 10.	211.520.000	24 „
18. 10.	10h	20. 10.	10h	22. 10.	230.000.000	48 „
18. 10.	10h	21. 10.	10h	23. 10.	219.000.000	72 „
18. 10.	10h	22. 10.	10h	24. 10.	205.000.000	96 „
18. 10.	10h	23. 10.	10h	25. 10.	84.000.000	120 „
18. 10.	10h	24. 10.	10h	26. 10.	100.200.000	144 „
18. 10.	10h	25. 10.	10h	27. 10.	71.000.000	168 „
18. 10.	10h	26. 10.	10h	28. 10.	67.400.000	192 „
18. 10.	10h	27. 10.	10h	29. 10.	55.600.000	216 „
18. 10.	10h	28. 10.	10h	30. 10.	49.000.000	240 „
18. 10.	10h	30. 10.	10h	1. 11.	30.350.000	288 „
18. 10.	10h	1. 11.	10h	3. 11.	5.400.000	336 „
18. 10.	10h	2. 11.	10h	4. 11.	9.200.000	360 „
18. 10.	10h	3. 11.	10h	5. 11.	1.700.000	384 „
18. 10.	10h	4. 11.	10h	6. 11.	4.250.000	408 „
18. 10.	10h	7. 11.	10h	9. 11.	2.100.000	480 „
18. 10.	10h	10. 11.	10h	12. 11.	1.500.000	552 „

Figur VI
ad Versuch X vom 18. 10. 35.

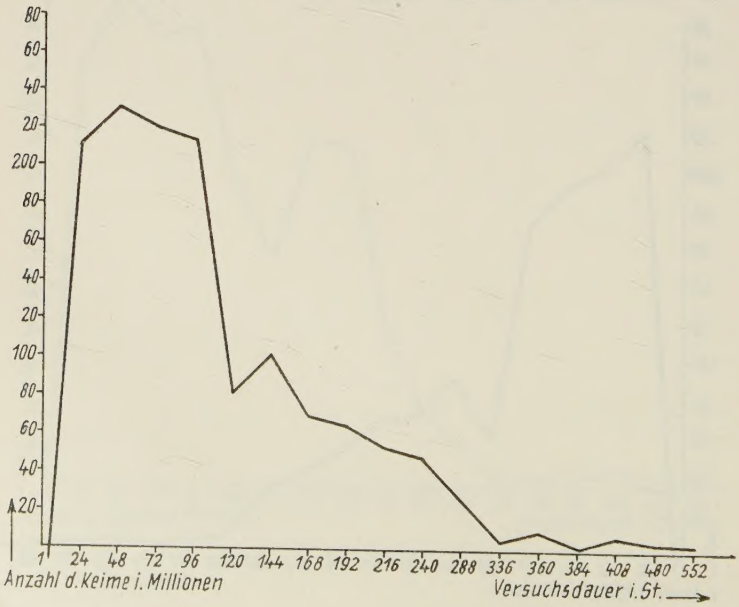


Tabelle VII.

Versuch XII vom 9. 11. 1935.

Aussaat Tag:	Aussaat Stunde:	Plattenguß Tag:	Plattenguß Stunde:	Zählung d. Platten:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer i. Stunden:
9. 11.	14h	9. 11.	14h	11. 11.	4	0 Std.
9. 11.	14h	9. 11.	17h	11. 11.	235	3 „
9. 11.	14h	9. 11.	20h	12. 11.	39.796	6 „
9. 11.	14h	10. 11.	14h	12. 11.	218.000.000	24 „
9. 11.	14h	11. 11.	14h	13. 11.	247.000.000	48 „
9. 11.	14h	12. 11.	14h	14. 11.	236.000.000	72 „
9. 11.	14h	13. 11.	14h	15. 11.	220.000.000	96 „
9. 11.	14h	14. 11.	14h	16. 11.	99.540.000	120 „
9. 11.	14h	15. 11.	14h	17. 11.	160.300.000	144 „
9. 11.	14h	16. 11.	14h	18. 11.	110.000.000	168 „
9. 11.	14h	17. 11.	14h	19. 11.	62.400.000	192 „
9. 11.	14h	18. 11.	14h	20. 11.	39.600.000	216 „
9. 11.	14h	19. 11.	14h	21. 11.	31.000.000	240 „
9. 11.	14h	21. 11.	14h	23. 11.	20.300.000	288 „
9. 11.	14h	23. 11.	14h	25. 11.	4.750.000	336 „
9. 11.	14h	24. 11.	14h	26. 11.	9.600.000	360 „
9. 11.	14h	25. 11.	14h	27. 11.	5.200.000	384 „
9. 11.	14h	26. 11.	14h	28. 11.	9.000.000	408 „
9. 11.	14h	29. 11.	14h	1. 12.	2.200.000	480 „
9. 11.	14h	2. 12.	14h	4. 12.	1.350.000	552 „

Figur VII
ad Versuch XII vom 9. 11. 35.

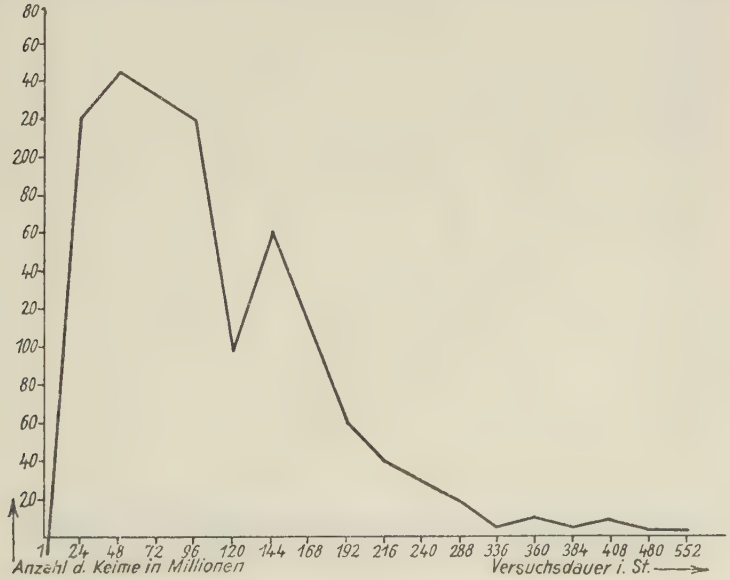


Tabelle VIII.

Versuch XV vom 17. 11. 35.

Aussaat		Plattenguß		Zählung	Anzahl d. Keime	Versuchsdauer
Tag:	Stunde:	Tag:	Stunde:	d. Platten:	in 0,5 ccm:	i. Stunden:
17. 11.	12h	17. 11.	12h	19. 11.	12	0 Std.
17. 11.	12h	17. 11.	15h	19. 11.	730	3 „
17. 11.	12h	17. 11.	18h	20. 11.	179.804	6 „
17. 11.	12h	18. 11.	12h	20. 11.	229.200.000	24 „
17. 11.	12h	19. 11.	12h	21. 11.	250.000.000	48 „
17. 11.	12h	20. 11.	12h	22. 11.	227.600.000	72 „
17. 11.	12h	21. 11.	12h	23. 11.	160.000.000	96 „
17. 11.	12h	22. 11.	12h	24. 11.	91.000.000	120 „
17. 11.	12h	23. 11.	12h	25. 11.	170.000.000	144 „
17. 11.	12h	24. 11.	12h	26. 11.	78.900.000	168 „
17. 11.	12h	25. 11.	12h	27. 11.	60.000.000	192 „
17. 11.	12h	26. 11.	12h	28. 11.	39.250.000	216 „
17. 11.	12h	27. 11.	12h	29. 11.	31.000.000	240 „
17. 11.	12h	29. 11.	12h	1. 12.	22.400.000	288 „
17. 11.	12h	1. 12.	12h	3. 12.	4.700.000	336 „
17. 11.	12h	2. 12.	12h	4. 12.	5.300.000	360 „
17. 11.	12h	3. 12.	12h	5. 12.	9.200.000	384 „
17. 11.	12h	4. 12.	12h	6. 12.	2.350.000	408 „
17. 11.	12h	7. 12.	12h	9. 12.	1.000.000	480 „
17. 11.	12h	10. 12.	12h	12. 12.	730.000	552 „

Figur VIII
ad Versuch XV vom 17. 11. 1935.

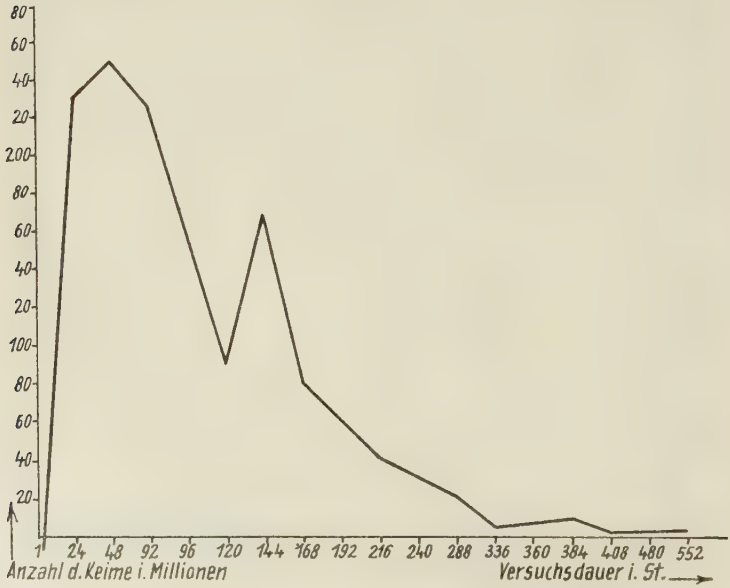
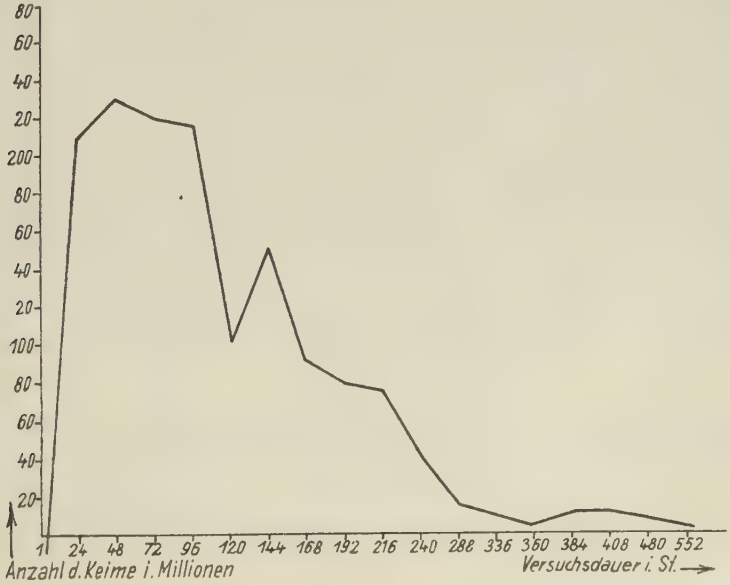


Tabelle IX.

Versuch XVIII vom 19. 11. 35.

Aussaat Tag:	Aussaat Stunde:	Plattenguß Tag:	Plattenguß Stunde:	Zählung d. Platten:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer i. Stunden:
19. 11.	16h	19. 11.	16h	21. 11.	9	0 Std.
19. 11.	16h	19. 11.	19h	21. 11.	530	3 „
19. 11.	16h	19. 11.	22h	22. 11.	140.587	6 „
19. 11.	16h	20. 11.	16h	22. 11.	209.000.000	24 „
19. 11.	16h	21. 11.	16h	23. 11.	232.000.000	48 „
19. 11.	16h	22. 11.	16h	24. 11.	220.000.000	72 „
19. 11.	16h	23. 11.	16h	25. 11.	214.000.000	96 „
19. 11.	16h	24. 11.	16h	26. 11.	105.000.000	120 „
19. 11.	16h	25. 11.	16h	27. 11.	151.500.000	144 „
19. 11.	16h	26. 11.	16h	28. 11.	96.000.000	168 „
19. 11.	16h	27. 11.	16h	29. 11.	82.000.000	192 „
19. 11.	16h	28. 11.	16h	30. 11.	78.000.000	216 „
19. 11.	16h	29. 11.	16h	1. 12.	40.300.000	240 „
19. 11.	16h	1. 12.	16h	3. 12.	17.500.000	288 „
19. 11.	16h	3. 12.	16h	5. 12.	10.600.000	336 „
19. 11.	16h	4. 12.	16h	6. 12.	3.100.000	360 „
19. 11.	16h	6. 12.	16h	8. 12.	11.000.000	408 „
19. 11.	16h	9. 12.	16h	11. 12.	2.600.000	480 „

Figur IX
ad Versuch XVIII vom 19. 11. 35.



Die Frage nach der Gesetzmäßigkeit bei der Vermehrung und Lebensdauer der Bakterien, insbes. von Bacterium coli, wurde zuerst von H. Buchner, K. Longard und G. Riechling (C. 21) und später Müller (Z. f. H., Bd. XX) und Hohewerth (Archiv f. Hygiene, Bd. XXXIX, S. 321) studiert. Zur Berechnung der Generationsdauer der Bakterien verfahren diese Autoren nach der Methode von Buchner so, daß sie die Anzahl von Generationen, die zwischen der Aussaat oder auch Anfangszahl der Bakterien und der nach einer bestimmten Zeit gezählten Anzahl liegen, nach der Formel:

$$b = a \cdot 2^n \; ; \; 2^n = \frac{b}{a} \; ;$$

$$n = \frac{\log b - \log a}{\log 2}$$

berechneten,

und dann die Generationsdauer fanden, indem sie die Versuchszeit durch n dividierten.

(Es bedeuten: a = Aussaat oder Anfangszahl d. Bakterien,
b = nach einer bestimmten Zeit gezählte Keime,
n = Zahl der Generationen.).

Hohewerth ermittelte die Generationsdauer für das Bacterium coli bei 37° zu 23 Minuten 24 Sekunden. Diesen Wert konnte ich bestätigen, allerdings nur für eine Dauer von 6 Stunden.

Wir wollen die zu meinen Versuchen zur Aussaat gelangten Bakterien mit a bezeichnen. Wenn nun alle vorhandenen Zellen (a) sich gleichzeitig teilen, so wären in der 2 .Generation 2 a, in der 3. Generation 4 a = 2^2a, in der 4. Generation 8 a = 2^3a, in der 5. Generation 16 a = 2^4a und in der n. Generation 2^{n-1}a Bakterienzellen. Die nach dieser Formel berechneten Ergebnisse und die tatsächlich vorhandenen Keime in den Nährböden will ich kurz in einer Tabelle zusammenfassen.

Tabelle X.

Versuch Nr.:	Aussaat Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchs-dauer i. Std.:	Anzahl der Keime in 0;5 ccm nach 3 bez. 6 Std.:	Nach d. Formel 2^{n-1} a berechnete Anzahl:
3	20.000	3 Std. = 7 Gn.	1.070.000	1.280.000
3	20.000	6 „ = 15 „	40.000.000	172.840.000
6	22.000	3 „ = 7 „	1.210.000	1.308.000
6	22.000	6 „ = 15 „	59.780.000	180.244.000
8	2	3 „ = 7 „	136	128
9	2	6 „ = 15 „	26.001	32.768
10	2	3 „ = 7 „	123	128
10	2	6 „ = 15 „	31.784	32.768
12	4	3 „ = 7 „	236	254
12	4	6 „ = 15 „	39.436	65.536
15	12	3 „ = 7 „	730	768
15	12	6 „ = 15 „	179.804	196.608
18	9	3 „ = 7 „	536	576
18	9	6 „ = 15 „	140.587	167.456

Gn = Generationen.

Die in der Tabelle angeführten Versuchsbeispiele zeigen also, daß die Ergebnisse des Versuches ungefähr mit den errechneten Keimzahlen übereinstimmen, allerdings sind die Differenzen nach 6 Stunden oder 15 Generationen ziemlich groß (vgl. Versuche III und VI). Noch größer und schließlich unvergleichbar werden diese Differenzen, je länger der Versuch dauert. So z. B. müßten nach 24 Stunden Quadrillionen Zellen nach obiger Formel vorhanden sein, aber in Wirklichkeit sind nur 280 Millionen vorhanden.

Die Vermehrung der Bakterienzelle verläuft also nur bis zum Ende der 6ten Stunde mit mathematischer Regelmäßigkeit. Die Gründe hierfür sind wohl in ernährungs-physiologischen Störungen zu suchen.

Wenn man bedenkt, daß in unseren künstlichen Bakterienkulturen die von der Zelle aufnehmbaren Nährstoffe begrenzt sind, dagegen sich die von der Bakterienzelle abgestoßenen Stoffwechselprodukte häufen, so ist es einleuchtend, daß unter diesen Bedingungen nicht nur die Bakterien nicht mehr wachsen, sondern schließlich an Nahrungsmangel und Vergiftung zu Grunde gehen. Es sind also erstens der Nahrungsmangel, der die Vermehrung begrenzt, zweitens die Stoffwechselprodukte, die das Absterben der Zellen durch Selbstvergiftung beschleunigen, die beiden wesentlichen Faktoren, die die Lebenskurve der Bakterien prägen. Man sollte annehmen, daß das Absterben der Zellen gleichmäßig verlaufen und daß nicht nochmals eine plötzliche starke Zellenvermehrung einsetzen würde. Diese Vermutung entspricht aber nicht den Tatsachen. Das nochmalige Ansteigen der Kurve läßt sich vielleicht darauf zurückführen, daß bei dem plötzlichen starken Absterben auch Stoffe frei werden, die den restlichen Bakterienzellen vorübergehend genügend Nahrung gewähren und zur kurzen Vermehrung führen. Nur nach vorherigem starkem Absterben finden wir wieder einen Anstieg und nach diesem Anstieg ein desto stärkeres Absterben.

Wie schon erwähnt, verläuft das Anwachsen der Bakterien nur in den ersten 6 Stunden nach der Formel, die aus der Berechnung der Generationsdauer entstanden ist. Später weichen die errechneten Werte von den tatsächlichen stark ab. Eine Deutung hierfür wurde schon gegeben. Ob nun in der 7. Stunde ein Teil der Bakterien ungeteilt bleibt oder ein Absterben schon eintritt oder aber ob die Generationsdauer wächst, eine Vermutung, die Reichenbach in Betracht zieht, läßt sich nicht experimentell nachweisen. Jedenfalls decken sich meine Beobachtungen im Anstieg der Kurve mit denen Reichenbach's und anderer Autoren.

Demnach geht das Wachstum der Bakterien in den ersten 24 Stunden zuerst langsam und dann rascher vor sich, wird wieder langsamer und bleibt dann um den Höhepunkt herum nach etwa 20—30 Stunden ziemlich konstant und fällt danach wieder.

Hierzu folgende Tabellen.

Tabelle XI zu Versuch IX:

Zeit i. Std.:	Anzahl d. Keime: in 0,5 ccm	Quotient pro Std.:
0	2	—
1	7	3,5
2	30	4,3
3	136	4,5
4	734	5,8
5	4.331	5,6
6	26.001	6,0
7	153.407	5,9
8	797,716	5,2
9	3.669.494	4,6
10	15.778.825	4,3
12	87.738.357	2,4
14	175.476.714	1,0
20	214.113.000	0,27
24	219.000.000	0,17
28	218.341.000	—
30	215.000.000	—

Tabelle XII zu Versuch XII:

Zeit i. Std.:	Anzahl d. Keime: in 0,5 ccm	Quotient pro Std.:
0	4	—
1	13	3,1
2	51	3,9
3	235	4,6
4	1.339	5,7
5	6.632	6,7
6	39.796	6,0
7	231.717	5,8
8	1.042.726	4,5
9	4.170.094	4,0
10	16.683.616	4,0
12	76.744.633	2,3
14	199.536.046	1,3
20	216.127.000	0,18
24	218.145.000	0,2
28	218.700.000	0,03
30	219.630.000	0,03
48	247.000.000	0,003

(Das Wachstum der Bakterien beobachtet in den ersten 30 Stunden.)

Im Gegensatz zu Reichenbach, der die Aufwärtsentwicklung bei 13,5 Stunden für beendet gefunden hatte, konnte ich feststellen, daß zumindest bis 24 Stunden die Entwicklung vor sich geht, und noch minimal weitersteigen kann, wie die Tabellen VI, VII, VIII, IX es zeigen.

Was nun den abfallenden Teil der Kurve, d. h. das Absterben der Bakterien unter normalen Verhältnissen, also ohne Einwirkung von irgendwelchen schädigenden Einflüssen betrifft, so will ich hier die Arbeit von Reichenbach: (Die Absterbeordnung der Bakterien und ihre Bedeutung für Theorie und Praxis der Desinfektion) heranziehen. Dieser Autor kommt in seiner Arbeit auf Grund seiner eigenen experimentellen Ergebnisse und derjenigen anderer Autoren zu der Erkenntnis, daß das Absterben einer Bakterienmenge unter dem Einfluß irgend eines schädlichen Faktors meistens, aber nicht immer, nach einem Expontentialgesetz vor sich geht. Schon Madson und Nyman machten darauf aufmerksam, daß die für die überlebenden Keime beobachteten Werte, bei den zahlenmäßig verfolgten Desinfektionsversuchen gut mit den Zahlen übereinstimmen, die sich nach der Formel der „Monomolekularen Reaktion" berechnen lassen. Ich erwähne diese Arbeiten schon an dieser Stelle, da dasselbe Ergebnis, das jene Autoren bei den zahlenmäßig verfolgten Desinfektionsversuchen erhielten, sich bei meinen Versuchen, die ich ohne Desinfektionsmittel durchführte, ebenfalls ergab, wie nachfolgende Versuchsbeispiele und Tabellen es zeigen. Es lassen sich alo auch ohne die Einwirkung eines Desinfektionsmittels die überlebenden Keime bei dem Absterben einer Bakterienmenge nach

der Formel der „Monomolekularen Reaktion" berechnen. „Diese Reaktionen, bei denen nur eine Molekülgattung sich umsetzt, verlaufen so, daß die Menge des neu entstehenden Bestandteiles in jedem Augenblick der noch nicht umgesetzten Menge des ursprünglichen Stoffes proportional ist. Das heißt, wenn die ursprünglich vorhandene Menge gleich A ist, die nach der Zeit t umgesetzte Menge = X, so ist also noch die Menge A—X vorhanden. In dem nun folgenden unendlich kleinen Zeitraum dt wird die ebenfalls unendlich kleine Menge dx umgesetzt, die nach unserer Annahme proportional der vorhandenen Menge A—X ist. Es ist also:

$dx = k\ (A—X)\ dt$, worin k eine von der Art des Stoffes und den äußeren Umständen abhängige Konstante bedeutet, oder:

$$\frac{dx}{dt} = k \cdot (A—X).$$

Den Differentialquotienten $\frac{dx}{dt}$ pflegt man als Reaktionsgeschwindigkeit zu bezeichnen. Diese Formel ist also der mathematische Ausdruck für unsere Annahme, daß der Zuwachs in der Zeiteinheit — eben die Reaktionsgeschwindigkeit — proportional sei der noch vorhandenen Menge des Stoffes.

Natürlich ist es nicht möglich, an Stelle der unendlich kleinen Größen dx und dt ohne weiteres endliche Werte zu setzen. Denn nur für unendlich kleine Zeiträume ist die Annahme zulässig, daß der Umsetzungsprozeß mit gleichförmiger Geschwindigkeit verläuft. Für jedes endliche A muß auch X einen endlichen Wert annehmen und damit auch A—X, die vorhandene Menge eine Aenderung erfahren, die ihrerseits wieder zu einer Aenderung der Reaktionsgeschwindigkeit führen muß. Es ist ja das Charakteristische dieser Prozesse, daß die Reaktionsgeschwindigkeit in fortwährender Abnahme begriffen ist, eben weil sie der fortwährend abnehmenden Menge A—X proportional ist. Wir können also die obige Formel nicht benutzen, um k experimentell zu bestimmen und die Uebereinstimmung etwa gefundener Werte von A—X mit dem Gesetz zu prüfen. Dazu müssen wir die Differentialgleichung integrieren. Wir erhalten dann:

1). $t = \log \frac{A}{A—X} \cdot \frac{1}{k}$;

oder 2). $k = \frac{1}{t} \cdot \log \frac{A}{A—X}$; $\longrightarrow$ $k = \frac{\log A — \log (A—X)}{t}$

oder 3). $A — X = A \cdot e^{-kt}$

Wir können also, da A bekannt und A—X, d. h. die noch vorhandene Menge experimentell noch zu bestimmen ist, k ermitteln. Wenn die angenommene Gesetzmäßigkeit besteht, muß k für sämtliche Werte von A konstant sein und es müssen die nach Gleichung 3) berechneten

Werte von A—X mit den gefundenen übereinstimmen. Die Logarithmen der Formel sind natürliche mit der Basis e, wir können aber für die folgenden Betrachtungen, da es auf den absoluten Wert der Konstanten hier nicht ankommt, uns ohne Schaden der gewöhnlichen Logarithmen bedienen. Die Konstante wird dann 0,4343 mal zu groß und statt der Zahl e haben wir 10 einzusetzen. Die Gleichung 3) geht dann über in:

$$A - X = A \cdot 10^{-kt}$$

Diesem entwickelten Gang entspricht der Absterbevorgang bei den Bakterien und mit dieser Gleichung läßt sich nun die nach irgend einer Zeit t abgetötete Bakterienmenge (A—X) berechnen". (Reichenbach: Ztschr. f. Hyg., Bd. 69, S. 170).

Tabelle XIII zu Versuch XV.

t i. Std.:	Anzahl der gezählten Keime nach Versuch:	Anzahl der Keime nach Formel: A—X=Num (log A—Kt)	K:
0	250.000.000	—	—
24	227.600.000	192.000.000	0,0017
48	160.000.000	147.000.000	0,0040
72	91.000.000	112.500.000	0,0062
96	170.000.000	86.000.000	0,0017
120	78.000.000	66.400.000	0,0041
144	60.000.000	50.900.000	0,0043
168	39.000.000	39.000.000	0,0048
192	31.000.000	30.100.000	0,0047
240	22.400.000	17.650.000	0,0043
286	5.300.000	4.830.000	0,0053
288	4.700.000	10.300.000	0,0059
384	2.350.000	3.500.000	0,0052
		Mittelwert:	0,0048

Tabelle XIV zu Versuch 1.

t i. Std.:	Anzahl der gezählten Keime nach Versuch:	Anzahl der Keime nach Formel: A—X=Num (log A—Kt)	K:
0	250.000.000	—	—
24	180.000.000	153.000.000	0,0059
48	90.000.000	95.250.000	0,0092
96	30.500.000	34.100.000	0,0095
120	27.000.000	22.100.000	0,008
144	14.000.000	13.660.000	0,0085
168	7.200.000	8.300.000	0,009
192	4.700.000	5.700.000	0,009
		Mittelwert:	0,0088

Tabelle XV zu Versuch IX vom 16. 10. 35.

t i. Std.:	Anzahl der gezählten Keime nach Versuch:	Anzahl der Keime nach Formel: A—X=Num (log A—Kt)	K:
0	219.000.000	—	—
24	200.000.000	180.500.000	0,0016
48	190.000.000	148.700.000	0,0013
72	170.000.000	128.400.000	0,0015
96	60.000.000	101.000.000	0,0058
120	90.000.000	83.240.000	0,0032
144	70.000.000	68.600.000	0,0034
168	68.000.000	56.540.000	0,0030
192	49.700.000	46.600.000	0,0033
216	38.500.000	38.450.000	0,0034
240	30.000.000	31.650.000	0,0035
312	6.700.000	17.700.000	0,0048
336	2.400.000	14.600.000	0,0057
		Mittelwert:	0,0035

Tabelle XVI zu Versuch III vom 18. 9. 35.

t i. Std.:	Anzahl der gezählten Keime nach Versuch:	Anzahl der Keime nach Formel: A—X=Num (log A—Kt)	K:
0	250.000.000	—	—
24	210.000.000	186.500.000	0,0031
48	200.000.000	139.200.000	0,0020
72	101.000.000	103.600.000	0,0054
96	150.000.000	61.530.000	0,0024
120	97.000.000	57.800.000	0,0034
144	53.000.000	43.120.000	0,0056
168	27.500.000	32.150.000	0,0056
192	23.000.000	24.000.000	0,0054
240	13.400.000	13.400.000	0,0053
288	4.700.000	7.440.000	0,0059
		Mittelwert:	0,0053

In der Tabelle XIII finden wir, daß von der 120sten Stunde ab die Uebereinstimmung zwischen den errechneten und den experimentell gefundenen Werten durchaus befriedigend ist. Größere Differenzen finden wir nur im Anfang des Absterbens, wir wissen aber auch, daß durch das plötzliche Wachstum nach der 120sten Stunde (im Gesamtversuch) diese größeren Differenzen bewirkt werden können. Auch in der Tabelle XIV finden wir die Uebereinstimmung zwischen den errechneten Zahlen und denen, die der Versuch ergeben hat, ziemlich genau. Auch die Werte für K bleiben verhältnismäßig konstant. Andere Versuche ergaben ähnliche Verhältnisse, sodaß man kaum bezweifeln kann, daß das Absterben der Bakterien auch o h n e schädliche Einwirkung von Desinfektionsmitteln nach dem Gesetz der „monomolekularen Reaktion“ abläuft.

Somit können wir zunächst die Betrachtung abschließen und uns den 2. Teil dieser Arbeit zuwenden.

Bei meinen Versuchen, die einen Beitrag zu dem Verhalten der Bakterien gegenüber den Desinfektionsmitteln geben sollen, verfuhr ich folgendermaßen:

In ein steriles Kölbchen mit 60 ccm Bouillon verimpfte ich Bacterium coli in der schon im ersten Teil der Arbeit beschriebenen Weise. Nach einer Bebrütung von 22 Stunden bei 37° gab ich eine bestimmte Menge eines Desinfektionsmittels hinzu, die sich durch eine Reihe von Vorversuchen als geeignet erwiesen hatte. Als Desinfektionsmittel wurden 5%(iges) Phenol in dem Verhältnis 1:125 und 7%(iges) Sublimat im Verhältnis 1:3000 (zum Inhalt des Kölbchens gerechnet) verwendet. Ich entnahm dann in bestimmten Abständen jeweils 0,5 ccm zur Anlegung von Gußplatten. Die erste Entnahme erfolgte nach 22 Stunden ohne Desinfektionsmittel, dann sofort nach Zugabe des Desinfektionsmittels und dann alle 5 Minuten bis zur vollständigen Abtötung der Keime. Ich verfuhr also anders, als die von Reichenbach beschriebene Methode es angibt. Reichenbach bringt zu einer Lösung von Desinfektionsmittel in eine Reihe von Bechergläsern eine Bakterienaufschwemmung. Nach einer Einwirkungszeit von 5, 10, 15 usw. Minuten gibt er zwecks Entgiftung eine Lösung zu den Versuchsproben, die die Giftwirkung des Desinfektionsmittels sofort aufhebt. Danach bringt er nach einer weiteren Minute einen Teil dieses Gemisches in verflüssigte Nährgelatine, die er zu einer Platte ausgießt. Also, die Entgiftung fällt völlig bei meinen Versuchen aus; ohne jegliche Veränderung durch irgend eine Maßnahme werden die Platten gegossen.

Ich machte zunächst einmal Versuche mit verschieden alten Kulturen und bestimmten Mengen der Desinfektionsmittel. Dabei ergab sich, daß z. B. bei einer 3 Std. Kultur sofort nach Einwirkung des Desinfektionsmittels sämtliche Keime getötet wurden. Bei einer 6stündigen Kultur waren die Ergebnisse ähnlich. Dagegen wirkte dieselbe Menge desselben Desinfektionsmittels auf eine 15stündige Kultur anreizend auf die Vermehrung der Bakterien (Phenol im Verhältnis 1:400).

Ich zählte in 0,5 ccm 340 Milliarden Keime im Gegensatz zu normalem Wachstum mit 280 Millionen Keimen in 0,5 ccm als Höchstzahl. Außerdem waren die charakteristischen Formen und das Aussehen der Coli-Bakterien verändert. Sie waren bedeutend kleiner und zeigten glasiges Aussehen. Weiterhin waren sie nach der ungeheuren Vermehrung innerhalb von 24 Stunden völlig abgestorben. Diese Feststellungen bestätigen in jeder Hinsicht die Erfahrungen, die in der Literatur nachzulesen sind; nämlich: 1. Daß geringe Dosen von Desinfektionsmitteln das Wachstum der Bakterien fördern, 2. daß erschöpfte oder geschädigte Nährböden solche abnormen Bakterien-Formen hervorbringen. Darüber hinaus aber bestätigen die Ergebnisse der Vorversuche, daß außer der Konzentration des Desinfektionsmittels auch das Alter der Kultur auf den Verlauf der Absterbekurve einen Einfluß

hat. So sterben junge Kulturen, je weiter sie noch von dem Punkt der höchsten Entwicklung entfernt sind, ohne bestimmte Gesetzmäßigkeit stark ab, da die Resistenz der Bakterien in diesen Kulturen ziemlich gering und gleichmäßig ist im Gegensatz zu älteren Kulturen. Ich fand schließlich die 22stündige Kultur am geeignetsten für meine Desinfektionsversuche.

Diese Versuche bestanden darin, daß die Nährböden eine Phenolkonzentration von 1:125 und eine Sublimatkonzentration von 1:3000 besaßen. Die Ergebnisse dieser Versuche folgen in nachstehenden Tabellen und Kurven:

Tabelle XVII. Versuch 44 vom 12. 2. 36.

Nach 22stündiger Bebrütung wurde Phenol im Verhältnis 1:125 zugegeben. Danach Entnahme laut Tabelle.

Aussaat Tag:	Stunde:	Plattenguß Tag:	Stunde:	Zählung d. Platten:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer:
12. 2. 36	14h	13. 2.	12h	14. 2.	270.110.000	22 St. ohne D.
„	„	„	12h	„	17.100.000	0 Min. mit D.
„	„	„	12h10	„	255.000	10 „ „ „
„	„	„	12h15	„	70.000	15 „ „ „
„	„	„	12h25	„	47.000	20 „ „ „
„	„	„	12h30	„	21.600	30 „ „ „
„	„	„	12h35	„	7.354	35 „ „ „
„	„	„	12h40	„	2.978	40 „ „ „
„	„	„	12h45	„	1.080	45 „ „ „
„	„	„	12h50	„	430	50 „ „ „
„	„	„	13h	„	—	60 „ „ „

D = Desinfektionsmittel.

Figur X
ad Versuch 44 vom 12. 2. 36.

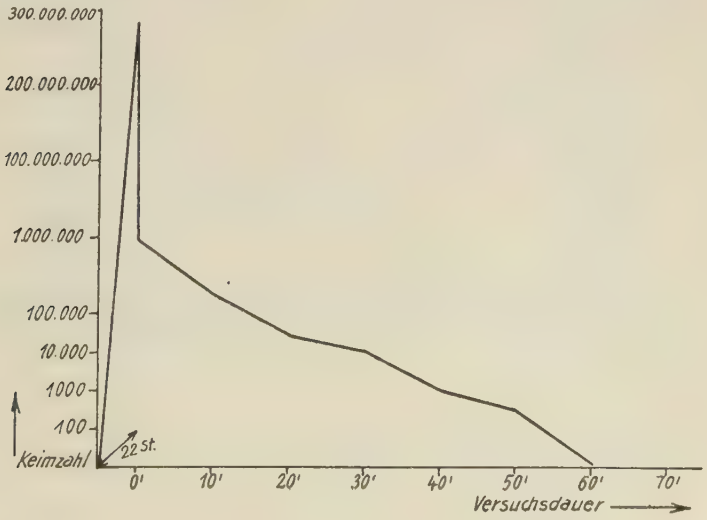


Tabelle XVIII.

Versuch 51 vom 31. 1. 36.

Nach 22stündiger Bebrütung Zugabe von Phenol im Verhältnis 1 : 125.

Aussaat Tag:	Stunde:	Plattenguß Tag:	Stunde:	Zählung d. Platten:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer:
31. 1.	15h	1. 2.	13h	3. 2.	150.000.000	22 St. ohne D.
„	„	„	13h	„	62.000.000	0 Min. mit D.
„	„	„	13h10	„	234.000	10 „ „ „
„	„	„	13h20	„	135.000	20 „ „ „
„	„	„	13h30	„	75.000	30 „ „ „
„	„	„	13h40	„	41.000	40 „ „ „
„	„	„	14h50	„	1.700	50 „ „ „
„	„	„	14h	„	300	60 „ „ „
„	„	„	14h10	„	—	70 „ „ „

D = Desinfektionsmittel.

Figur XI

ad Versuch 51 vom 31. 1. 35.

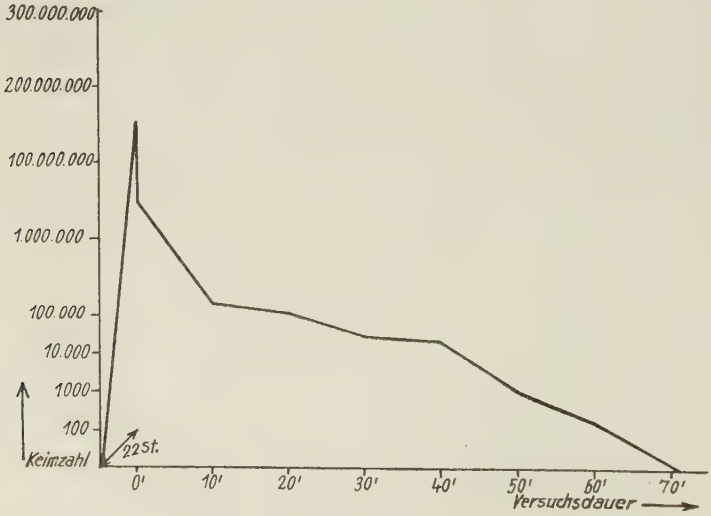


Tabelle XIX.

Versuch 52 vom 1. 2. 36.

Nach 22stündiger Bebrütung der Aussaat wurde Sublimat im Verhältnis 1:3000 zugegeben und danach in Abständen von 10 Min. 0,5 ccm dem Kölbchen entnommen.

Aussaat Tag:	Stunde:	Plattenguß Tag:	Stunde:	Zählung d. Platten:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer:
1. 2.	17h	2. 2.	15h	4. 2.	210.000.000	22 St. ohne D.
„	„	„	15h	„	25.200.000	0 Min. mit D.
„	„	„	15h10	„	150.000	10 „ „ „
„	„	„	15h20	„	58.000	20 „ „ „
„	„	„	15h30	„	43.000	30 „ „ „
„	„	„	15h40	„	1.700	40 „ „ „
„	„	„	15h50	„	450	50 „ „ „
„	„	„	16h	„	—	60 „ „ „

Figur XII ad Versuch 52.

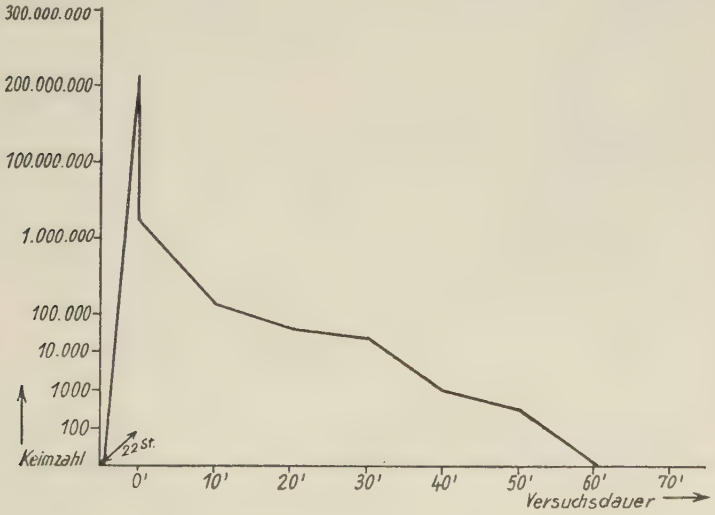


Tabelle XX.

Versuch 55 vom 5. 2. 36.

Nach 22stündiger Bebrütung der Aussaat wurde Sublimat im Verhältnis 1:3000 zugegeben. Entnahme lt. Tabelle.

Aussaat Tag:	Stunde:	Plattenguß Tag:	Stunde:	Zählung d. Platten:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer:
5. 2.	15h	6. 2.	13h	8. 2.	250.000.000	22 St. ohne D.
„	„	„	13h	„	1.600.000	0 Min. mit D.
„	„	„	13h10	„	607.000	10 „ „ „
„	„	„	13h20	„	270.000	20 „ „ „
„	„	„	13h30	„	143.000	30 „ „ „
„	„	„	13h40	„	58.000	40 „ „ „
„	„	„	13h50	„	25.350	50 „ „ „
„	„	„	14h	„	8.240	60 „ „ „
„	„	„	14h10	„	—	70 „ „ „

D = Desinfektionsmittel.

Figur XIII ad Versuch 55.

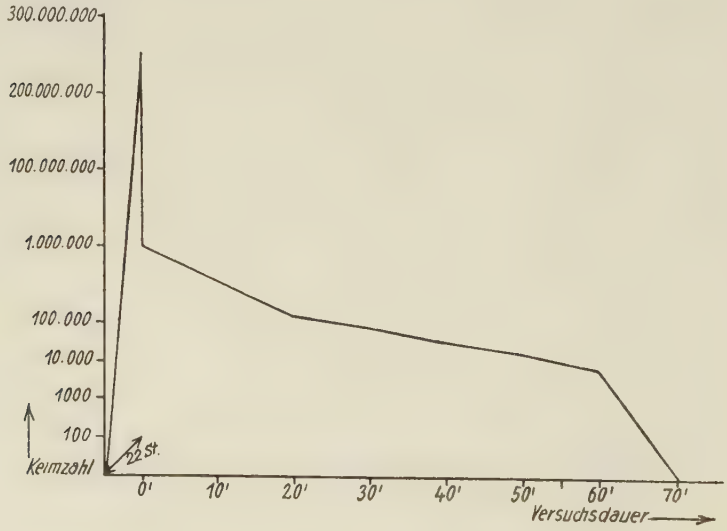


Tabelle XXI.

Versuch 57 vom 6. 2. 36.

Nach 22stündiger Bebrütung der Aussaat Zugabe von Phenol 1 : 125.

Aussaat Tag:	Stunde:	Plattenguß Tag:	Stunde:	Zählung d. Platten:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer:
6. 2.	18h	7. 2.	16h	9. 2.	250.000.000	22 St. ohne D.
„	„	„	16h	„	1.700.000	0 Min. mit D.
„	„	„	16h10	„	140.000	10 „ „ „
„	„	„	16h20	„	14.000	20 „ „ „
„	„	„	16h30	„	1.000	30 „ „ „
„	„	„	16h40	„	700	40 „ „ „
„	„	„	16h50	„	70	50 „ „ „
„	„	„	17h	„	50	60 „ „ „
„	„	„	17h10	„	—	70 „ „ „

D = Desinfektionsmittel.

Figur XIV ad Versuch 57.

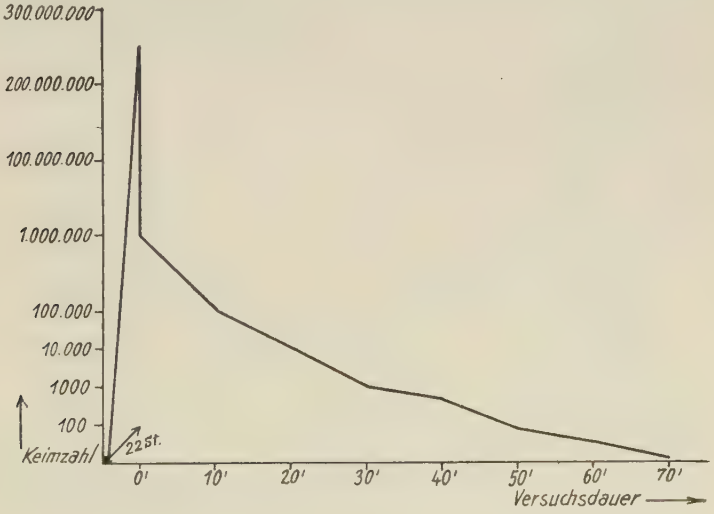


Tabelle XXII.

Versuch 58 vom 6. 2. 36.

Nach 22stündiger Bebrütung der Aussaat Zugabe von Sublimat im Verhältnis 1 : 3000.

Aussaat Tag:	Stunde:	Plattenguß Tag:	Stunde:	Zählung d. Platten:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer:
6. 2.	11h	7. 2.	9h	9. 2.	230.000.000	22 St. ohne D.
„	„	„	9h	„	1.000.000	0 Min. mit D.
„	„	„	9h10	„	400.000	10 „ „ „
„	„	„	9h20	„	70.000	20 „ „ „
„	„	„	9h30	„	20.000	30 „ „ „
„	„	„	9h40	„	6.080	40 „ „ „
„	„	„	9h50	„	2.500	50 „ „ „
„	„	„	10h	„	—	60 „ „ „

D = Desinfektionsmittel.

Figur XV ad Versuch 58.

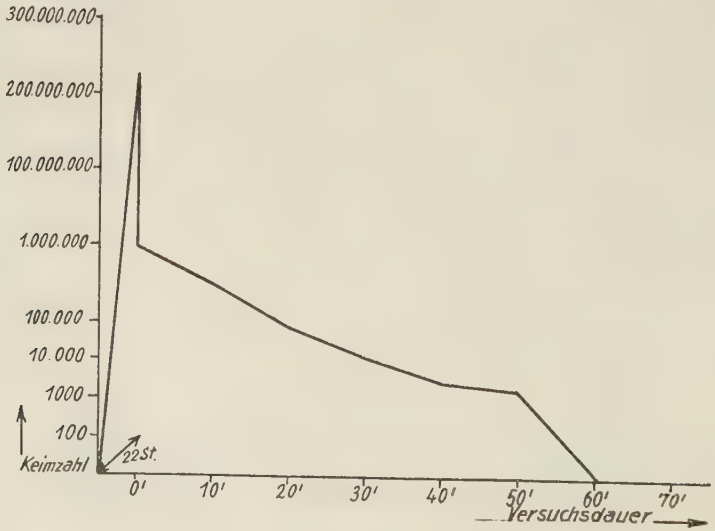


Tabelle XXIII.

Versuch 63 vom 14. 2. 36.

Nach 22stündiger Bebrütung der Aussaat Zugabe von Phenol 1 : 125.

Aussaat Tag:	Aussaat Stunde:	Plattenguß Tag:	Plattenguß Stunde:	Zählung d. Platten:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer:
14. 2.	15h	15. 2.	13h	17. 2.	270.000.000	22 St. ohne D.
„	„	„	13h	„	5.850.000	0 Min. mit D.
„	„	„	13h10	„	702.000	10 „ „ „
„	„	„	13h15	„	100.000	15 „ „ „
„	„	„	13h20	„	99.800	20 „ „ „
„	„	„	13h25	„	73.640	25 „ „ „
„	„	„	13h30	„	14.400	30 „ „ „
„	„	„	13h35	„	13.520	35 „ „ „
„	„	„	13h40	„	5.434	40 „ „ „
„	„	„	13h45	„	1.300	45 „ „ „
„	„	„	13h50	„	572	50 „ „ „
„	„	„	13h55	„	—	66 „ „ „

D = Desinfektionsmittel.

Figur XVI ad Versuch 63.

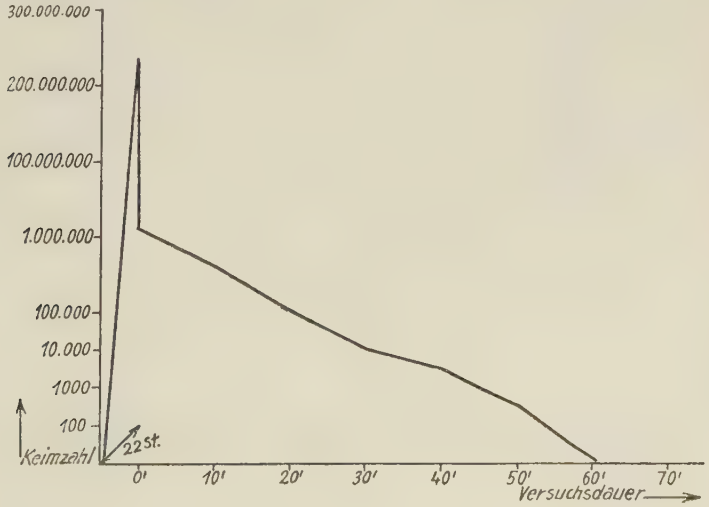


Tabelle XXIV.

Versuch 65 vom 14. 2. 36.

Nach 22stündiger Bebrütung der Aussaat Zugabe von Sublimat 1:3000.

Aussaat Tag:	Aussaat Stunde:	Plattenguß Tag:	Plattenguß Stunde:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer:
14. 2.	12h	15. 2.	10h	290.000.000	22 St. ohne D.
„	„	„	10h	1.980.000	0 Min. mit D.
„	„	„	10h10	807.000	10 „ „ „
„	„	„	10h15	460.000	15 „ „ „
„	„	„	10h20	340.500	20 „ „ „
„	„	„	10h25	234.000	25 „ „ „
„	„	„	10h30	162.000	30 „ „ „
„	„	„	10h35	108.000	35 „ „ „
„	„	„	10h40	73.900	40 „ „ „
„	„	„	10h45	49.500	45 „ „ „
„	„	„	10h50	32.450	50 „ „ „
„	„	„	11h	—	60 „ „ „

D = Desinfektionsmittel.

Figur XVII ad Versuch 65.

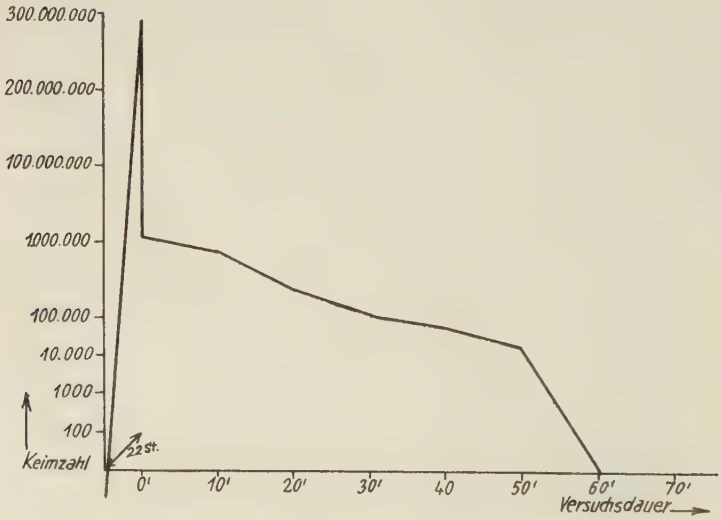


Tabelle XXV.

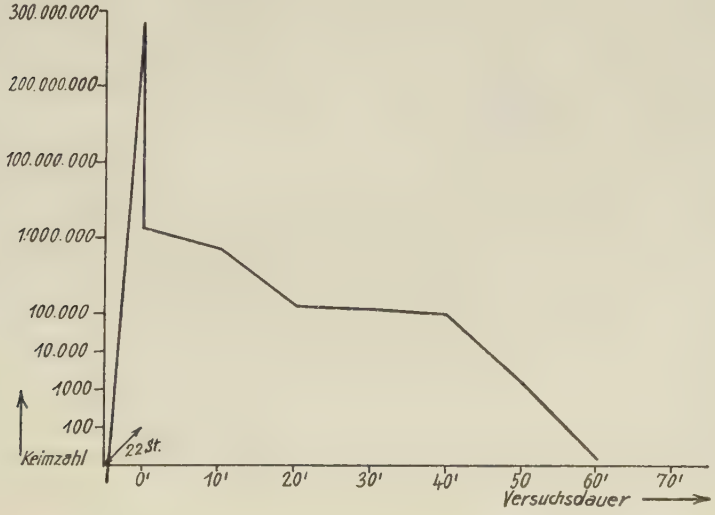
Versuch 66 vom 14. 2. 36.

Nach 22stündiger Bebrütung der Aussaat Zugabe von Sublimat 1:3000. Entnahme siehe Tabelle.

Aussaat Tag:	Aussaat Stunde:	Plattenguß Tag:	Plattenguß Stunde:	Zählung d. Platten:	Anzahl d. Keime in 0,5 ccm:	Versuchsdauer:
14. 2.	19h	15. 2.	17h	17. 2.	280.000.000	22 St. ohne D.
„	„	„	17h	„	2.430.000	0 Min. mit D.
„	„	„	17h10	„	787.300	10 „ „ „
„	„	„	17h15	„	490.000	15 „ „ „
„	„	„	17h20	„	351.000	20 „ „ „
„	„	„	17h25	„	272.800	25 „ „ „
„	„	„	17h30	„	234.000	30 „ „ „
„	„	„	17h35	„	133.500	36 „ „ „
„	„	„	17h40	„	116.400	40 „ „ „
„	„	„	17h45	„	113.000	45 „ „ „
„	„	„	17h50	„	1.930	50 „ „ „
„	„	„	18h	„	—	60 „ „ „

D = Desinfektionsmittel.

Figur XVIII ad Versuch 66.



Auf Grund der Versuche stellen wir fest, daß unmittelbar nach Einwirkung des Desinfektionsmittels ein starkes Absterben eintritt, durchschnittlich um 99,6%. Nach 10 Minuten Einwirkungszeit beträgt die Absterbung nur noch 60%. Danach ist die Abnahme der Zellen bis zum Tod aller Keime ziemlich gleichmäßig, wird aber bis zum Ende des Versuches immer etwas geringer.

Wesentlich ist, daß die verschiedenen Desinfektionsmittel nicht die Kurve und damit das Absterben der Bakterien verschieden beeinflussen, sondern daß die Kurven bei Sublimat, Phenol und Hitze den gleichen Verlauf haben.

Wir sahen schon bei den Versuchen ohne Desinfektionsmittel, daß auch dort die Verminderung der Keime nach Beginn des Absterbens am größten ist. Dieselben Feststellungen bei den Versuchen mit Desinfektionsmitteln, sowohl bei den Versuchen mit einer 3stündigen Kultur, bei denen sofort alle Keime abgetötet wurden, als auch bei den 22-stündigen Kulturen, führen zu der Vermutung, daß wir mit zunehmender Bebrütungszeit Keime mit verschiedener Resistenz erhalten. Je jünger die Kultur, desto geringer die Resistenz der Keime und desto schneller unterliegen sie den einwirkenden schädigenden Faktoren.

Dies übertragen auf den Verlauf des Absterbens bei einer 22-stündigen Kultur führt zu der Erkenntnis, daß sich im Anfang das Desinfektionsmittel bedeutend stärker auswirkt, weil noch viele Keime von geringer Resistenz vorhanden sind. Dagegen wird im weiteren Verlauf die Wirkung geringer, da die älteren Bakterienkeime den Desinfektionsmitteln mehr Widerstand entgegensetzen.

So erklärt es sich, daß bei den Versuchen ohne Desinfektionsmittel sich eine gewisse Anzahl Keime (1—5 Millionen) noch über Wochen in dem völlig verbrauchten und von Stoffwechselprodukten überhäuften Nährboden erhalten kann, und weiter, daß bei den Versuchen mit Desinfektionsmitteln das Absterben der Keime nach der 10. Minute immer geringer wird.

Es nimmt also die Widerstandsfähigkeit der Bakterien mit dem Alter der Kultur zu. Experimentell feststellbar ist natürlich die Annahme dieser physiologischen Eigenschaft der Keimzelle nicht. Jedenfalls möchte auch ich auf Grund meiner Ergebnisse die Ansicht vertreten, „daß die Zellen, die sich nicht mehr vermehren, eine größere Widerstandsfähigkeit erlangen, um dadurch die Arterhaltung zu gewährleisten". (Reichenbach: Zeitschr. f. Hygiene, Band 69, S. 170).

Betrachten wir nun die Versuche nach dem Gesetz der „Monomolekularen Reaktion", so finden wir auch hier das Gesetz in der Einwirkungszeit der Desinfektionsmittel bestätigt, ganz unabhängig von der Art des einwirkenden Mittels, aber abhängig vom Alter der Kultur.

Dazu folgende Tabellen:
(K ist hier die Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante).

Tabelle XXVI ad Versuch 44 vom 22. 2. 36.

t i. Min.:	Anzahl der gezählten Keime nach Versuch:	Anzahl der Keime nach Formel: A—X=Num (log A—Kt)	K:
0'	17.100.000	—	—
10'	255.000	1.920.000	0,183
15'	70.000	643.400	0,159
20'	47.200	215.600	0,128
30'	21.600	24.200	0,0966
35'	7.354	4.060	0,0962
40'	2.978	2.715	0,0940
45'	1.080	909	0,0930
50'	430	304	0,0920
60'	—	—	—
		Mittelwert:	0,0950

Tabelle XXVII ad Versuch 65 vom 14. 2. 36.

t i. Min.:	Anzahl der gezählten Keime nach Versuch:	Anzahl der Keime nach Formel: A—X=Num (log A—Kt)	K:
0'	1.980.000	—	—
10'	807.000	—	—
15'	460.000	570.500	0,0420
20'	340.000	377.700	0,0380
25'	234.000	249.000	0,0370
30'	162.000	164.500	0,0362
35'	108.000	108.500	0,0361
40'	73.000	71.900	0,0357
45'	49.500	47.500	0,0355
50'	32.450	31.400	0,0300
60'	—	—	—
		Mittelwert:	0,0360

Tabelle XXVIII ad Versuch 58 vom 6. 2. 36.

t i. Min.:	Anzahl der gezählten Keime nach Versuch:	Anzahl der Keime nach Formel: A—X=Num (log A—Kt)	K:
0'	1.000.000	—	—
10'	400.000	292.300	0,0398
20'	70.000	77.980	0,0577
30'	20.000	21.750	0,0556
40'	6.080	6.087	0,0554
50'	2.500	1.700	0,0520
60'	—	—	—
		Mittelwert:	0,0554

Tabelle XXIX ad Versuch 55 vom 5. 2. 36.

t i. Min.:	Anzahl der gezählten Keime nach Versuch:	Anzahl der Keime nach Formel: A—X=Num (log A—Kt)	K:
0'	1.600.000	—	—
10'	607.000	683.000	0,042
20'	270.000	292.200	0,038
30'	143.000	130.200	0,036
40'	58.000	53.000	0,036
50'	25.350	22.600	0,036
60'	8.240	9.640	0,038
70'	—	—	—

Mittelwert: 0,0364

Die Tabellen bestätigen somit das oben Gesagte, da die nach dem Gesetz berechneten Keimzahlen ziemlich genau mit denjenigen, die der Versuch ergab, übereinstimmen, und die Werte der Desinfektionsgeschwindigkeitskonstante kaum voneinander abweichen.

Da nach Einwirkung des Desinfektionsmittels nicht alle Keime gleichzeitig absterben, müssen wir also Zellen verschiedener Resistenz haben.

Diese physiologische Eigenschaft der Bakterienzelle erklärt den Absterbeverlauf, der in dem Gesetz der „monomolekularen Reaktion" seinen Ausdruck findet.

Zusammenfassung.

Auf Grund der hier in den Versuchen gesammelten Ergebnisse können wir folgendes feststellen:

1. „Die Absterbung von Bakterien in einer Kultur unter Einwirkung von Desinfektionsmitteln erfolgt nach einer Gesetzmäßigkeit, die in dem Gesetz der „monomolekularen Reaktion" ihren Ausdruck findet".
2. Diese Gesetzmäßigkeit findet sich auch bei dem Absterbevorgang der Bakterien ohne schädigende Einwirkung irgend eines Mittels.
3. Die Absterbeordnung ist abhängig:
   a. von dem Alter der Bakterienkultur.
   b. von der Konzentration des Desinfektionsmittels.
4. „Die Absterbeordnung erklärt sich daraus, daß wir in einer älteren Kultur Keime verschiedener Resistenz haben, die den schädigenden Faktoren verschieden großen Widerstand entgegensetzen".

(Die Punkte 1 und 4 bestätigen die Ergebnisse von Reichenbach).

Ich möchte an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Küster für die freundliche Ueberlassung des Themas und eines Arbeitsplatzes im Hygienischen Institut sowie für seine Anregungen herzlich danken. Weiterhin möchte ich Herrn Dr. Gottsacker am hiesigen Hygienischen Institut für seine Unterstützung danken.

Literatur.

Buchner, Longard, Riedling: Zentralblatt f. Bakteriologie usw., Bd. II, S. 1.

Hehewerth: Archiv f. Hygiene, Bd. XXXIX. S. 321.

Müller: Zeitschrift f. Hygiene u. Infektionskrankh., Bd. XX.

Baumgärtel: „Grundriß der theoretischen Bakteriologie".

Reichenbach: „Die Absterbeordnung der Bakterien und ihre Bedeutung für Theorie und Praxis der Desinfektion". Zeitschrift f. Hygiene, Bd. 69, S. 170.

Eijkmann: „Die Ueberlebungskurve bei Abtötung der Bakterien durch Hitze". Biochem. Zeitschrift, 1908, Bd. XI, S. 12.

Reichel: „Zur Theorie der Desinfektion". Biochem. Zeitschrift, 1909, Bd. XXII, S. 149.

Paul und Krönig: Zeitschrift f. Hygiene, 1897, Bd. 95, S. 1.

Ficker: „Ueber Lebensdauer u. Absterben von pathogenen Keimen". Zeitschrift f. Hygiene, 1898, Bd. XXIX.

Lebenslauf.

Ich wurde am 21. 1. 1911 in Bergisch-Gladbach bei Köln geboren, besuchte daselbst 4 Jahre die Volksschule und trat Ostern 1921 in die Sexta des dortigen Gymnasiums über. Ostern 1931 bestand ich auf dem staatl. Realgymnasium in Traben-Trarbach mein Abitur und belegte ab Sommer-Semester 31 an der Universität Heidelberg die 3 vorklinischen Semester des zahnärztlichen Studiums. Ich setzte mein Studium an der Universität Frankfurt fort und approbierte daselbst im Frühjahr 1935. Seitdem war ich mit meiner Doktorarbeit am Hygienischen Institut, Frankfurt am Main, beschäftigt.

Helmut Schwiering.